

УДК 669.2

М. Ю. Коллеров, Д. Е. Гусев, А. А. Шаронов, С. И. Гуртовой

Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет), г. Москва

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ СЛИТКА И ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ В ПОЛУФАБРИКАТ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА

В работе было исследовано влияние качества шихтового материала, метода выплавки, режимов деформации и термической обработки полуфабрикатов на структуру и характеристики ЭПФ двойных сплавов на основе никелида титана.

Ключевые слова: титановые сплавы, никелид титана, ЭПФ.

M.Yu. Kollerov, D. E. Gusev, A. A. Sharonov, S. I. Gurtovoy

INFLUENCE OF PRODUCTION METHODS OF THE INGOT AND TECHNOLOGIES OF ITS PROCESSING IN A SEMI-FINISHED PRODUCT ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF ALLOYS BASED ON TITANIUM NICKELIDE

The influence of the quality of the charge material, the smelting method, the deformation modes, and the heat treatment of semi-finished products on the structure and characteristics of the SME of titanium nickelide binary alloys was investigated.

Key words: titanium alloys, titanium nickelide, SME.

Сплавы на основе никелида титана, обладающие эффектом памяти формы (ЭПФ), успешно используются для разработки и производства функциональных конструкций во многих отраслях экономики и медицины. Однако обеспечение требуемого сочетания свойств ЭПФ этих материалов до сих пор является труднорешаемой пробле-

мой, тормозящей их более широкое применение. Во многом это связано с высокой чувствительностью характеристик ЭПФ с химическим составом и структурой сплава, изменяющейся в процессе переработки слитка в полуфабрикат и готовое изделие.

В работе было исследовано влияние качества шихтового материала (иодидного или губчатого титана, отходов металлургического производства и лома изделий), метода выплавки (вакуумно-дугового переплава с расходуемым и нерасходуемым электродом, гарнисажной или индукционной плавки), режимов деформации и термической обработки полуфабрикатов на структуру и характеристики ЭПФ двойных сплавов на основе никелида титана с содержанием никеля от 53,5 до 57 % по массе. Образцы, вырезанные из слитков и деформируемых полуфабрикатов (прутков, проволоки, листов) исследовали методами металлографического, электронномикроскопического и рентгеноструктурного анализов, а также определяли температурные (A^B_H , A^B_K), деформационные ($\epsilon^{0,2}_{кр}$, $\gamma^{0,3}_{кр}$) и силовые ($\sigma^{0,2}_{кр}$, $\tau^{0,3}_{кр}$) характеристики ЭПФ после деформации изгибом и кручением в интервале температур ($-50...+100$)°C.

Было установлено, что температуры восстановления формы слитков и полуфабрикатов определяются не только химическим составом сплава, но и объемной долей соединений, богатых титаном (типа Ti_4Ni_2 (O, N) или никелем (типа Ti_3Ni_4), влияющих на химический состав В2-фазы, на основе эквиатомного интерметаллида $TiNi$ и температуры ее мартенситного превращения. Объемная доля соединения Ti_4Ni_2 (O, N) в основном зависит от концентрации примесей в сплаве и, в первую очередь, кислорода. В слитках, полученных вакуумно-дуговым переплавом с нерасходуемым электродом или индукционной плавкой с использованием иодидного титана или губчатого титана высокой частоты (не хуже ТГ100), суммарное содержание O и N менее 0,05 %, а объемная доля Ti_4Ni_2 (O, N) не превышает 10 %. При использовании шихты более низкого качества или лома, а также гарнисажной плавки содержание кислорода может достигать 0,5 %, а доля богатого титаном соединения — 21 %. Предложены уравнения, позволяющие рассчитывать состав В2-фазы и температуры восстановления формы в зависимости от химического состава сплава и объемной доли соединения Ti_4Ni_2 (O, N) в закаленном состоянии.

При термической обработке сплавов на основе никелида титана при температурах 550–400 °C в них происходит выделение богатых нике-

лем интерметаллидов титана Ti_3Ni_4 , что вызывает обогащение В2-фазы титаном и повышение температур восстановления формы. Предложены уравнения, позволяющие определять химический состав В2-фазы и объемную долю Ti_3Ni_4 в зависимости от соотношения температур восстановления формы после закалки и старения образцов сплава. Показано, что объемная доля богатых никелем интерметаллидов может достигать 40 %. Объемная доля, размеры и морфология интерметаллидов титана Ti_3Ni_4 оказывает значительное влияние на механизм формоизменения сплавов на основе никелида титана, а следовательно, на деформационные и силовые характеристики ЭПФ. Установлены режимы обработки сплавов на основе никелида титана, позволяющие обеспечить регламентированный уровень требуемых в конкретном изделии характеристик работоспособности.